DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang. 20. Mai 1921. Heft 20.

Die Probleme der modernen Metallographie.

Von Georg Masing, Berlin.

1.

Im engeren Sinne bedeutet die Metallographie die Lehre von Metallen auf Grund mikroskopischer — metallographischer — Untersuchung. Im weiteren Sinne jedoch, in dem dieses Wort heute meistens benutzt wird, bedeutet sie allgemein die Lehre von den Metallen oder von dem metallischen Zustand. Es mag zunächst fraglich erscheinen, ob die Metallographie in diesem weiten Sinne ein zu selbständiger Entwicklung fähiges Wissensgebiet bedeutet. Spielen doch in die Lehre von den Metallen die verschiedensten Wissenschaften derart herein, daß eine Trennung von diesen kaum möglich erscheint. Die physikalischen Eigenschaften der Metalle, wie die Elektrizitätsleitung und die Metalloptik, gehören zum Gebiete der Physik, ihre kristallographischen Formeigenschaften zum Gebiete der Kristallographie, die mechanischen Eigenschaften vielfach zum Gebiete der Technologie usw. Man kann sich nun fragen, was für einen Zweck es hat, die Probleme der metallischen Elektrizitätsleitung zum Beispiel von der allgemeinen Elektrizitätslehre künstlich abzulösen und etwa mit dem ihnen so fremden Gebiete der Kristallstruktur der Metalle gewissermaßen gewaltsam zu verknüpfen. Die Metalle treten jedoch aus der Gesamtheit der anderen Stoffe durch alle ihre Eigenschaften derartig charakteristisch hervor, daß sie zweifellos eine natürliche Gruppe bilden, und schon diese Tatsache allein läßt einen tieferen funktionellen Zusammenhang zwischen allen Eigenschaften der Metalle annehmen. Ihre Erforschung im Hinblick und an der Hand dieses Zusammenhanges ist das Problem der Metallographie oder der Metallkunde, wie sie in diesem allgemeineren Sinne neuerdings öfters bezeichnet wird. Um zu unserem Beispiel der Elektrizitätsleitung und der Kristallstruktur zurückzukehren, so ist gerade ihre *Verknüpfung* das metallographische Problem. Bekanntlich bietet die Deutung der metallischen Elektrizitätsleitung bisher unüberwindliche Schwierigkeiten, und die summarische Theorie derselben, wie sie auf Grund der Elektronentheorie zuerst gegeben wurde, muß als mißlungen betrachtet werden, gerade, weil sie die metallisch-stofflichen Zusammenhänge nicht genügend berücksichtigt. Heute können wir eine rationelle Theorie der metallischen Elektrizitätsleitung nur im Rahmen oder im Zusammenhange mit der metallographischen Forschung erwarten.

Ebenso wie es ein chemisches oder ein physikalisches Denken gibt, so gibt es heute bereits ein metallographisches Denken. Es ist dies das Denken, bei dem im Mittelpunkt das *Metall* steht und bei dem jede neue Tatsache sofort, oft gefühlsmäßig und unbewußt, im Zusammenhang mit der Gesamtheit der übrigen Eigenschaften und der Probleme des metallischen Zustandes betrachtet und gewertet wird. Es ist eine bekannte Forderung, daß ein Chemiker vor allen Dingen *chemisch denken* muß, und bei einer Berührung mit einem Menschen fühlt man sofort, ob er es kann oder nicht. Ebenso fühlt ein Metallograph heute bei einem Gespräch, beim Lesen einer Arbeit usw. sehr bald heraus, ob er mit einem Menschen zu tun hat, der metallographisch zu denken versteht. Oft — sehr oft — liest man heute noch physikalische Arbeiten über Metalle, die diese Fähigkeit vermissen lassen und deren Wert dadurch sehr erheblich beeinträchtigt wird. Metallographisches Denken ist ein Denken im Zusammenhang und im Hinblick auf die Gesamtheit der Eigenschaften der Metallwelt, die metallographische Weltanschauung ist eine Weltanschauung, die an die Berechtigung der Verknüpfung dieser Gesamtheit und an ihre Fruchtbarkeit glaubt. Heute kann man schon sagen, daß die Entwicklung der Metallographie in den letzten Dezennien ihre Fruchtbarkeit und die Zweckmäßigkeit der metallographischen Fragestellung im Prinzip erwiesen hat, wenn die letztere auch erst in der allerletzten Zeit die allgemeine oben angedeutete Form gewinnt.

2.

Die Metallkunde hat sich aus der Praxis entwickelt und hat sich erst allmählich und in immer steigendem Maße zu einer Disziplin entwickelt, der auch große wissenschaftliche Bedeutung zukommt. Es waren die Bedürfnisse der hochentwickelten Eisen- und Stahlindustrie, die zunächst zur Entwicklung der Kunst, Metallschliffe herzustellen und zu ätzen, um so einen Einblick in das innerste mikroskopische Gefüge des Stahles und des Eisens zu gewinnen, führten. Ziemlich gleichzeitig begann man, um die Vorgänge zu verfolgen, die in einem Metall während der Erstarrung und Abkühlung sich abspielen, sogenannte Abkühlungskurven aufzunehmen, auf denen die Temperatur des Metalles in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt wird. Verzögerungen, allgemeiner Unregelmäßigkeiten im Gange der Abkühlungskurve deuteten auf Vorgänge innerhalb des Me-

talles hin, die mit Wärmeabsorption oder Wärmeentwicklung verbunden waren. Abgesehen von einer Fülle von Beobachtungen, die insbesondere beim System Eisen-Kohlenstoff allmählich zu einer Systematik der beobachteten Erscheinungen und zu Anfängen einer theoretischen Deutung dessen führten, was wir in seiner Gesamtheit als das Eisen-Kohlenstoff-Diagramm bezeichnen, brachten diese Untersuchungen mit immer steigender Überzeugungskraft vor allen Dingen die Erkenntnis herbei, daß wir es bei den Metallen mit kristallisierten Stoffen zu tun haben. So selbstverständlich uns das heute erscheint, so wichtig war seinerzeit dieser Erkenntnisschritt. Es ist tatsächlich nichts Selbstverständliches, daß das leicht spaltbare Stück Kochsalz und ein glatter, glänzender, biegsamer und gefügiger Metalldraht beide kristallisierte Körper sind. Das mußte erst durch die metallographische mikroskopische Beobachtung gezeigt werden.

Die mikroskopische Beobachtung zeigte ferner, daß man es bei den Metallen vielfach mit Gemengen mehrerer Kristallarten zu tun hat. Die Deutung dieser Gemenge, der Bedingungen, unter denen sie *entstehen* und *bestehen* können, bot große Schwierigkeiten, bis die inzwischen auf der Phasenlehre begründete und von *Roozeboom* zur Vollendung entwickelte *Lehre von den heterogenen Gleichgewichten* von gänzlich anderen Gebieten aus befruchtend eingriff. Es war eine Schicksalsstunde für die Metallographie, als *Roozeboom* auf Grund der Phasenlehre das erste Eisen-Kohlenstoff-Diagramm aufstellte. Nun war zu der Deutung der mikroskopischen Befunde und der Abkühlungskurven ein ganz fundamentaler Fortschritt errungen, indem man jetzt die Bedingungen für das gleichzeitige Auftreten verschiedener Kristallarten — verschiedener Phasen — theoretisch übersah. Nachdem *Tammann* aus der Beobachtung der Abkühlungskurven außerdem die quantitative *thermische Methode* geschaffen hatte, die es erlaubte, aus der Größe der Verzögerungen auf den Abkühlungskurven unter gewissen Bedingungen auf die Mengen und die Natur der sich umwandelnden Phasen zu schließen, setzte ein ungeheurer Aufschwung der metallographischen Forschung ein. Es wurden nicht nur die Verhältnisse bei den Eisen-Kohlenstoff- und bei den anderen Legierungen der Praxis, der Bronze und dem Messing, grundlegend geklärt, sondern die Forschung stellte sich außerdem zum ersten Male die Aufgabe, von rein wissenschaftlichen Gesichtspunkten aus eine Übersicht der Konstitution der verschiedensten Legierungen systematisch zu verschaffen, und in wenigen Jahren war es so weit, daß man einen Überblick über die meisten binären Legierungen hatte. Unabhängig von der metallographischen Forschung war bereits früher eine Untersuchung der physikalischen Eigenschaften mancher Legierungen, wie der der Dichte und der elektrischen Leitfähigkeit, vorgenommen worden. Diese Untersuchungen wurden nun mit den Ergebnissen der Konstitutionsforschung verknüpft, und in kurzer Zeit hatte man auch einen ziemlich vollständigen Überblick über die Zusammenhänge zwischen Konstitution und Eigenschaften der Legierungen, wie er sich zum Beispiel in abschließender Weise im Lehrbuch der Metallographie von *Tammann*[1]) findet.

Im Zusammenhange damit hatte man für die Praxis auch eine rationelle und umfassende Deutung der thermischen Behandlung, der Probleme des Abschreckens und Anlassens erreicht, wenigstens sofern mit diesen Maßnahmen das Auftreten oder Verschwinden von Phasen verknüpft war.

3.

Die mikroskopische Untersuchung hatte gelehrt, verschiedene Kristallphasen nebeneinander zu erkennen und zu deuten. Die thermische Untersuchung arbeitete mit Wärmeeffekten, die während der Abkühlung auftraten und wiederum beinahe ausschließlich das Auftreten von neuen Kristallphasen oder ihr Verschwinden andeuteten. Man operierte also mit einer Mehrzahl von Phasen, und damit war der Schwerpunkt der Forschung bereits auf die *Legierungen* und nicht auf die reinen Metalle verlegt. Auch wenn man in der Praxis nach den Eigenschaften eines Metalles allgemein fragte, so war das erste Problem naturgemäß, den Einfluß der chemischen Zusammensetzung festzustellen. Das hieß aber mit anderen Worten, daß man das Metall *legierte*. Es ist also verständlich, daß die Metallographie zunächst beinahe ausschließlich *Legierungskunde* war. Die reinen Metalle wurden übergangen oder nur ganz flüchtig behandelt.

Das änderte sich gänzlich, als, von dem Ende des ersten Dezenniums des 20. Jahrhunderts an, die Probleme der Legierungskunde sich einer vorläufigen Klärung näherten, ein altes Fundamentalproblem, aber in einer ganz neuartigen, durch die Legierungsforschung vorbereiteten Bedeutung, wieder in den Vordergrund des Interesses rückte. Es war dies das Problem der *Kaltreckung der Metalle*.

Bekanntlich treten in den Metallen bei fortgesetzter mechanischer Deformation, wie es das Hämmern, Walzen, Ziehen usw. ist, weitgehende Eigenschaftsänderungen auf, wenn diese mechanische Deformation bei nicht zu hoher Temperatur erfolgt. Eine Deformation der Metalle, sofern sie derartige Änderungen nach sich zieht, wird nach dem Vorgange von *Heyn* als Kaltrecken bezeichnet. Beim Kaltrecken steigt die Elastizitätsgrenze, die Bruchgrenze und die Härte sehr erheblich, die Bruchdehnung nimmt ab. Die elektrische Leitfähigkeit und die Dichte werden etwas geringer, die Metalle werden etwas unedler usw. Die Änderung der technischen Eigenschaften beim Kaltrecken war seit unvordenklichen Zeiten bekannt, ebenso war auch die praktische

[1]) Siehe am Schlusse der Arbeit.

Bedeutung dieser Eigenschaftsänderungen erkannt. An eine theoretische Deutung war jedoch zunächst nicht zu denken, da über die Natur der Metalle die größte Unklarheit herrschte; wußte man doch nicht einmal, ob sie amorph oder kristallinisch waren, zumal im bearbeiteten Zustande. Sobald jedoch durch die Legierungskunde die Überzeugung emporgekommen war, daß die Metalle nicht nur kristallinische Körper wie andere Stoffe waren, sondern daß bei ihnen die Neigung, den Kristallzustand anzunehmen, noch ungleich stärker entwickelt war als bei allen anderen Körpern, konnte das Problem der Kaltreckung viel präziser formuliert werden. Es hieß jetzt: erstens, wieso ist eine derartig weitgehende Deformation, wie sie bei der Metallverarbeitung allgemein auftritt, bei einem aus Kristalliten aufgebauten Körper möglich, und zweitens, wie sind die bei dem Kaltrecken auftretenden Eigenschaftsänderungen zu deuten? Zur experimentellen Untersuchung dieser Fragen fehlten zunächst spezielle Methoden. Zwar konnte die mikroskopische Gefügebetrachtung etwas verfeinert werden, indem man mit ihrer Hilfe nicht mehr wie früher bloß die Kristalle verschiedener stofflicher Natur unterschied, sondern die Korngröße, Gestalt und mit Hilfe von Ätzfiguren die Orientierung der Gefügebestandteile feststellte. Jedoch stellte es sich bald heraus, daß eine derartige Feststellung bei einigermaßen stark kaltgereckten Metallen so gut wie unmöglich wurde, und ihre Anwendung war daher auf geringe Deformationsgrade beschränkt. Abgesehen von dieser Methode standen uns keine direkten Wege zur Untersuchung der Fragen der Kaltreckung zur Verfügung, und man war vorwiegend auf indirekte Schlüsse aus anderen Beobachtungen angewiesen. Diese Sachlage hat sich auch bis heute noch nicht weitgehend geändert[1]), und dadurch wird es verständlich, daß, trotzdem diese Fragen seit mehreren Jahren im Mittelpunkte des metallographischen Interesses stehen, man noch zu keiner theoretischen Klärung des Gebietes gelangt ist. Es gibt mehrere Theorien, die sich widersprechen, und es besteht kaum eine Möglichkeit, aus Mangel an direkten experimentellen Methoden eine Theorie bindend zu bestätigen oder zu widerlegen.

Was die Vorgänge beim Kaltrecken betrifft, soweit sie der mikroskopischen Beobachtung zugänglich sind, so war darüber bald eine ziemliche Klarheit erlangt. Man stellte, ähnlich wie das bei nichtmetallischen Kristallen bekannt war, fest, daß bei der Deformation eines Metallkristalles zwei Mechanismen tätig sind. Der erste Mechanismus besteht darin, daß die Kristallteile längs gewisser kristallographisch definierter Flächen aneinander vorbeigleiten können, ohne daß der Zusammenhang des Kristalles gelöst wird. Dieser Vorgang wird als Translation bezeichnet. Der zweite Vorgang besteht darin, daß der Kristall der neuen, durch den äußeren Zwang gegebenen Lage sich dadurch anzupassen strebt, daß Teile desselben zu Zwillingslagen umklappen, wie das am Schulbeispiel des Kalkspats bereits bekannt war. Dieser zweite Vorgang wird als einfache Schiebung bezeichnet, und beide zusammen als *Gleitung*.

Wenn nun von allen einmütig erkannt wird, daß bei der Deformation der Metalle Gleitung stattfindet, so trennen sich die Anschauungen bereits bei der Beantwortung der Frage, ob außer der Gleitung noch andere Deformationsarten innerhalb eines Kristalls möglich sind und auftreten. *Tammann* nimmt an, daß beim Kaltrecken außer der Gleitung keine tieferen Raumgitteränderungen stattfinden, so daß die Gleitung eine Schutzmaßnahme bedeutet, die das Raumgitter vor der Zerstörung bei der Deformation erfolgreich bewahrt, und die Wirkung des Kaltreckens im wesentlichen nur in einer Kornzerkleinerung und Änderung der Orientierung der Kristallite besteht. *Tammanns* Theorie hat den großen Vorzug, daß sie ausschließlich auf Tatsachen beruht (Gleitung), die zweifelsfrei experimentell erwiesen sind. Dahingegen bietet die Deutung der Eigenschaftsänderungen mit Hilfe dieser Theorie zum Teil erhebliche Schwierigkeiten; deshalb greifen die übrigen Theorien zu weiteren Gesichtspunkten, zum Teil hypothetischer Natur.

Am wenigsten hypothetische Elemente enthält eine Theorie von *Heyn*, nach welcher die Änderung der Festigkeitseigenschaften von Metallen beim Kaltrecken durch die Entwicklung von „quasielastischen" inneren Spannungen erklärt wird. Der Zustand der Körperteilchen im kaltgereckten Zustande wird etwa mit dem von gespannten Federn verglichen. Daß bei der Kaltreckung tatsächlich sehr erhebliche innere Spannungen entstehen, hat *Heyn* durch glänzende Experimente erwiesen; die Annahme von Spannungen ist also experimentell begründet. Auch läßt sich zeigen, daß die tatsächlich auftretenden Eigenschaftsänderungen sich der Größenordnung nach durch die inneren Spannungen wohl erklären lassen. Es ist aber nicht sicher, daß auch alle übrigen Folgeerscheinungen des Kaltreckens — zum Beispiel die Rekristallisation, auf die noch zurückzukommen sein wird — sich mit Hilfe dieser Theorie werden erklären lassen.

Von anderen Theorien ist vor allen Dingen die Gruppe der Modifikationstheorien zu nennen, die bei der Verarbeitung die Entstehung entweder amorpher oder kristallinischer neuer Modifikationen annimmt. An und für sich ist es ja klar, daß man auf diese Weise jede erwünschte Eigenschaftsänderung erklären kann. Man braucht nur die hypothetische Modifikation mit den gewünschten Eigenschaften auszustatten. Da eine tatsächliche Modifikationsänderung beim

[1]) Eine große Bedeutung für die experimentelle Erforschung des Kaltreckens könnte die röntgenometrische Kristalluntersuchung gewinnen.

Kaltrecken sich trotz aller Bemühungen bisher nicht hat nachweisen lassen, kann allen diesen Theorien gegenüber der Vorwurf willkürlicher ad hoc gemachter Annahmen nicht erspart werden.

Diejenige Theorie, die jetzt jedoch vielleicht das größte Interesse beansprucht, ist die Verlagerungstheorie von *Czochralski*. Diese nimmt an, daß beim Kaltrecken trotz der vorbeugenden Wirkung der Gleitung eine gewisse Verletzung (Verlagerung) des Raumgitters stattfindet, durch die die Folgeerscheinungen des Kaltreckens erklärt werden. Diese Theorie ist noch in der Entwicklung begriffen, und insbesondere hat man zurzeit keine präzise Vorstellung von der Natur des Verlagerungsprozesses. Die einfachste Vorstellung wäre die einer mechanischen Verzerrung, doch ist sie noch nicht einwandfrei begründet. Auch die Verlagerungstheorie kann die Eigenschaftsänderungen der Metalle beim Kaltrecken unschwer erklären, da ja die Eigenschaften des verletzten Raumgitters zunächst unbekannt sind und man, ähnlich wie bei den Modifikationstheorien, den Tatsachen gerecht werden kann, indem man diese Eigenschaften in einer entsprechenden Weise vorschreibt. Den Modifikationstheorien gegenüber hat sie jedoch den großen Vorzug, daß man viele, meistens indirekte experimentelle Hinweise auf die tatsächliche Existenz der Verlagerung in kaltgereckten Metallen hat, und daß diese Theorie demnach nicht der Vorwurf der Willkür, den wir den Modifikationstheorien machen mußten, treffen kann.

4.

Mit dem Kaltrecken eng verbunden sind die Erscheinungen der sogenannten Rekristallisation, die auch schon seit langer Zeit bekannt sind, jedoch erst in neuerer Zeit, im Zusammenhange mit der Erforschung des Kaltreckens, ein erhöhtes und immer steigendes Interesse gewonnen haben. Die Rekristallisation besteht darin, daß das Kristallgefüge eines Kristallkonglomerates, wie es die Metalle sind, bei genügend hoher Temperatur sich mit einer Geschwindigkeit, die mit steigender Temperatur schnell zunimmt, ändert und daß gleichzeitig die Einflüsse des vorangegangenen Kaltreckens allmählich verschwinden. Diese vorwiegend mikroskopisch verfolgte Änderung besteht in erster Linie darin, daß die Kristallkörner des Metallkörpers gröber werden, also wachsen. Es hat sich nun neuerdings gezeigt, daß die Art und Geschwindigkeit der Rekristallisation im engsten Zusammenhang mit der vorangegangenen Kaltreckung steht, so daß gewisse Details der letzteren, die sich sonst der Wahrnehmung entziehen, zuweilen später auf Grund der auftretenden Eigentümlichkeiten der Rekristallisation festgestellt werden können. Dieser Umstand sowie die überraschend reiche Mannigfaltigkeit der Rekristallisationserscheinungen haben die frühere summarische Erklärung der Rekristallisation auf Grund der inneren Oberflächenspannungen zwischen den einzelnen Kristalliten als ungenügend erscheinen lassen, und man mußte nach neuen theoretischen Deutungen suchen. Diese mußten naturgemäß im engsten Zusammenhang mit der Theorie des Kaltreckens stehen. Und so sehen wir, daß heute, zusammen mit der Theorie des Kaltreckens, eine Theorie der Rekristallisation, von der ersteren getragen und sie wieder stützend, in der Entwicklung begriffen ist. Schon aus dieser Verknüpfung sieht man, daß die Untersuchungen sowohl theoretischer wie experimenteller Art zurzeit noch durchaus im Flusse sind, ja vielleicht sich noch in ihren Anfängen befinden[1]).

Hand in Hand mit der wissenschaftlichen Entwicklung, die, wie wir sahen, von der Legierungskunde zur Kaltreckungs- und Rekristallisationsforschung geführt hat, ging die Entwicklung der Praxis, bald die Theorie führend, bald von ihr angeregt und gestützt. Gleichzeitig mit der Konzentrierung des wissenschaftlichen Interesses auf die Erscheinungen des Kaltreckens im weitesten Sinne trat in der Praxis das Problem der Beeinflussung der Eigenschaften durch verschiedenste Arten des Kaltreckens immer mehr in den Vordergrund. Da auch bei der Rekristallisation die Eigenschaften der Metalle sich ändern, gewann auch diese als Korrektiv und als Ergänzung des Kaltreckens eine immer größere Bedeutung, besonders, seitdem man immer mehr Erscheinungsformen der Rekristallisation erkannte und sie nach Wunsch hervorzurufen lernte. Bei einer Disziplin, die, wie die Metallographie, mit der Praxis der Metallverarbeitung, aus der sie nach wie vor in erster Linie ihre experimentellen Erfahrungen schöpft, in engster Fühlung steht, ist eine Trennung der praktischen und theoretischen Gesichtspunkte oft kaum möglich. In mancher Beziehung erinnert sie in dieser Beziehung an die noch charakteristischere neuere Entwicklung der drahtlosen Telegraphie und der Vakuumelektronenröhren. Hier vollzieht sich der Fortschritt bei einer engsten Verknüpfung der Praxis mit der Blüte der Theorie, ein praktischer Erfolg, eine praktische Erfahrung bedeutet meistens sofort auch einen theoretischen Gewinn, und eine theoretische Untersuchung findet mit erstaunlicher Unmittelbarkeit ihre sofortige Anwendung und Entwicklung im technischen Produkt. Theorie und Praxis lassen sich gar nicht mehr voneinander trennen, sie sind eng miteinander verschmolzen.

5.

Wir haben einen flüchtigen Überblick über die Entwicklung der Metallographie bis zur Gegenwart gegeben. Wenn wir im Anschluß daran eine Übersicht der wichtigsten Probleme

[1]) Im weiteren wird die Rekristallisation stets stillschweigend als zu den Problemen des Kaltreckens gehörend betrachtet.

geben, die sich der Metallographie heute bieten, so ist es klar, daß auch hier der ganze Komplex der Probleme, die mit dem Kaltrecken verbunden sind, im Vordergrunde steht. Die wichtigste Aufgabe der Metallographie ist jetzt, zu einer einheitlichen, solide durchgearbeiteten Theorie des Kaltreckens zu gelangen. Diese Theorie muß experimentell gut fundiert sein, sie darf also nicht, wie es bei dem heutigen Stand der Theorien noch der Fall ist, mit Hypothesen überladen sein. Sie muß eine einheitliche Erklärung der mit dem Kaltrecken verbundenen Phänomene geben, vor allen Dingen der der Größenordnung nach alle anderen Eigenschaftsänderungen beim Kaltrecken weit überragenden mechanischen Änderungen; sie muß einen Anschluß an die allgemeineren Anschauungen der verwandten Wissenschaften finden, und sie muß in der Lage sein, Erscheinungen eindeutig und sicher vorherzusagen, denn dieses ist der letzte Prüfstein sowohl für die praktische wie auch für die theoretische Existenzberechtigung einer Theorie.

Es scheint jedoch, daß die Theorie des Kaltreckens nicht nur vorübergehend im Gange der Entwicklung und wegen ihrer Bedeutung für die Praxis jetzt ein so großes Interesse beansprucht. Es scheint, daß das Problem des Kaltreckens überhaupt das zentrale Problem der Lehre vom metallischen Zustand werden soll. Jeder Wissenszweig umfaßt eine Gruppe von Erscheinungen, die für ihn ganz besonders charakteristisch sind und die dann den Grundstock für den Aufbau des ganzen Systems bilden. So sind es in der Kristallographie vor allen Dingen die geometrischen Wachstumsformen der Kristalle gewesen, die die Grundlage für die Systematik und auch für die theoretische Raumgitterbetrachtung abgegeben haben. Auch ist das Bestehen der ebenen, gesetzmäßig zueinander geneigten Begrenzungsflächen eine Tatsache, die die Welt der Kristalle scharf von der übrigen anorganischen Natur trennt. Ähnlich charakteristisch ist nun für die Metalle die mit dem Kristallzustande verbundene erstaunliche, schier unerschöpfliche Plastizität und die weitgehenden mit dem Kaltrecken, das heißt mit der plastischen Deformation verbundenen Eigenschaftsänderungen. Es scheint uns, daß gerade die Deutung dieses zentralen Problems den Kern für die weitere Entwicklung einer geschlossenen Theorie des metallischen Zustandes bilden kann, die dann die gesamten Erscheinungen der Metallwelt umfassen wird.

Damit rückt aber eine ganze Reihe von Problemen, die die Metalle betreffen, aber bisher als zu einzelnen Spezialgebieten der Physik gehörig betrachtet wurden, in den Rahmen der Metallographie und der metallographischen Betrachtung, wie sie eingangs skizziert wurde. Vor allen Dingen wird hier an die elektrische Leitfähigkeit gedacht, und die Behauptung, daß sie ein metallographisches Problem ist, das manchen stutzig machen kann, bedeutet eben nichts weiter, als daß sie im Zusammenhange mit den übrigen Eigenschaften des Metallzustandes und von diesem ausgehend betrachtet werden muß.

Bei den bisher betrachteten 2 Gruppen von Problemen liegt der Schwerpunkt zwar beim Metall als solchem, und die chemische Zusammensetzung kommt erst in zweiter Linie in Frage. Doch ist ihr Zusammenhang mit der Zusammensetzung eines Metallkörpers aus gewissen Metallelementen ein sehr enger, indem die chemische Zusammensetzung oft sowohl die mechanischen Eigenschaften und das Kaltrecken als auch die elektrische Leitfähigkeit in einer sehr charakteristischen Weise beeinflußt. Insbesondere ist das der Fall bei Mischkristallen, das heißt bei kristallinischen festen Lösungen zweier oder mehrerer Metalle ineinander. Und so verknüpft sich die Theorie des Kaltreckens und zum Beispiel der elektrischen Leitfähigkeit, mit den Problemen der *Legierungskunde* über die Natur und Eigenschaften von Mischkristallen, von intermetallischen Verbindungen usw., beide als Teile *eines* natürlichen, *metallographischen Ganzen*.

Wenn dieses wohl die hauptsächlichsten prinzipiellen, sagen wir theoretischen Probleme der heutigen Metallographie sind, so gibt es noch eine große Reihe anderer speziellerer Fragen, die teils wissenschaftlicher Natur, aber nicht unmittelbar mit den obigen verknüpft sind, teils durch die Bedürfnisse der Praxis in überreichlicher Fülle immer und immer wieder aufgestellt werden. Wenn man auch behaupten kann, daß die Konstitutionsforschung der binären Legierungen in rohen Umrissen zu einem gewissen Abschluß gekommen ist, so gibt es in derselben eine unübersehbare Fülle von spezielleren Detailproblemen. Die Praxis verlangt oft die genaueste Untersuchung von Legierungen innerhalb ganz enger Konzentrationsgrenzen (1—5 %), denen zunächst keine allgemeinere Bedeutung zukommt. Außerdem bevorzugt die Praxis Legierungen mit 3, 4 und mehr Komponenten, und bei denen sind die Verhältnisse noch sehr mangelhaft geklärt. Ein großes hierher gehörendes Problem bilden die ternären und quaternären Spezialstähle, die noch schöne theoretische und praktische Aufgaben in sich bergen, ferner das Duralumin und allgemeiner, ein Geschenk des Krieges und der Bedürfnisse der Flugtechnik, die Legierungen der Leichtmetalle. Ein modernes Problem, das mit dem der Spezialstähle eng verbunden ist, ist das der nicht rostenden Stähle. Die Veredelung des Messings, die Verbesserung der Eigenschaften der Aluminiumgeräte, die Herstellung von Maschinenlagern aus billigeren und im Inlande gewonnenen Metallen bilden weitere Beispiele von konkreten metallographischen Problemen, die zu einem großen Teil dem Gebiete der Konstitutionsforschung angehören.

Ein weiteres, zunächst wissenschaftliches Problem, das durch die neueren Arbeiten von *Tammann* ein erhöhtes Interesse gewonnen hat, ist

das der Abhängigkeit der chemischen Angreifbarkeit von Mischkristallen von der Konzentration der Komponenten. Ein anderes ständiges Problem der Metallforschung ist ferner die Herstellung von Legierungen mit vorgeschriebenen elektrischen Eigenschaften für Widerstände, elektrische Öfen usw.

6.

Wir wollen mit der Aufzählung der einzelnen der Metallographie sich bietenden Probleme aufhören und, um ihre Bedeutung sowohl für die Praxis als auch für die Wissenschaft noch einmal zu beleuchten, uns fragen, was sie dem Fachmann, dem Praktiker gibt, was er von ihr verlangen und erwarten kann und was sie der Wissenschaft geben will.

Dem Praktiker, dem Ingenieur und Konstrukteur gibt sie vor allen Dingen die genaueste Kenntnis des Materials, der Grenzen seiner Leistungsfähigkeit, seiner Haltbarkeit, der in ihm ev. verborgenen Fehler und technischen Gefahren usw. Diese Verhältnisse wollen wir nur an einem Beispiel erörtern. Der Praktiker pflegt an dem Aussehen des Bruches die Eigenschaften des Materials abzulesen. Der Metallograph schleift und poliert die Bruchfläche, ätzt sie und bringt sie unter das Mikroskop. Man braucht keine Worte zu verlieren, um darzutun, daß die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der beiden Verfahren sich unterscheidet wie die Zuverlässigkeit einer Gewichtsschätzung in der hohlen Hand und auf einer Wage. — Ferner ist es die Aufgabe der Metallographie, metallische Materialien von vorgeschriebenen Eigenschaften herzustellen, welcher Art auch diese Eigenschaften seien.

Schon aus diesen Angaben sieht man, wie wichtig für jeden die Metalle verarbeitenden Ingenieur oder Fachmann die Kenntnis der Metallographie ist. Die mangelhafte Fühlung zwischen dem Metallographen, der das Material herstellt, und dem Konstrukteur, der das Material verwendet, ist eine Erscheinung, die immer öfter, auch öffentlich beklagt wird und die in erster Linie auf Unkenntnis der Metallographie zurückzuführen ist. Der Ingenieur muß für die Leistungsfähigkeit seines Konstruktionsmaterials ein sicheres Gefühl haben. Dieses Gefühl ist aber unvollkommen, solange es nicht die metallographischen Eigenschaften des Materials mit umfaßt. Mit anderen Worten, ein Konstrukteur müßte heute — bis zu einem gewissen Grade — bereits auch *metallographisch denken können.*

Eine geradezu fundamentale Bedeutung hat die Metallographie für die Feststellung von Fehlern in Metallkörpern und für die Erklärung von Betriebsunfällen infolge von Materialfehlern. Eine Erklärung des eingetretenen Betriebsunfalles bedeutet aber die Vermeidung zukünftiger Unfälle.

Für die Wissenschaft soll die Metallographie eine geschlossene Theorie des metallischen Zustandes geben. Diese Aufgabe setzt die Annahme voraus, die wir hier vertreten haben, daß die Metalle mit ihren so ausgesprochenen Eigenschaften eine natürliche Klassifikationsgruppe bilden, und daß deshalb ihre Eigenschaften nur oder in erster Linie in ihrer Gesamtheit erfolgreich erforscht und gedeutet werden können. Die bisherigen Erfolge der Metallographie — und es sind keineswegs ausschließlich praktische Erfolge — und das rege theoretische Leben, das jetzt in der Metallographie herrscht, sprechen dafür, daß diese Anschauung berechtigt ist. Ist sie es nicht, so gibt es überhaupt keine Metallographie als daseinsberechtigten selbständigen Wissenszweig. Ist sie es aber, so heißt das, daß die Metallographie auch eine hervorragende Befruchtung für ihre zahlreichen Nachbargebiete, für die Physik, Kristallographie, Mineralogie und physikalische Chemie, bringen muß. Ferner heißt es schon heute, daß die Kenntnis der Grundlagen der Metallographie und eine gewisse Fähigkeit des metallographischen Denkens von jedem Wissenschaftler, der bei einer Untersuchung speziell mit Metallen zu tun hat, verlangt werden muß. Es ist die persönliche Erfahrung des Verfassers, die er — leider — schon so oft hat machen müssen, daß physikalische und sonstige Arbeiten, die die Metalle betreffen, der Kritik nicht standhalten, einfach, weil in ihnen der metallographische Standpunkt ignoriert worden ist. Die sorgfältigsten experimentellen oder theoretischen Untersuchungen können so entwertet werden, weil sie einen *elementaren metallographischen Fehler* enthalten. Diese Erfahrung gibt ihm — auch abgesehen von den übrigen Betrachtungen — das Recht und die Pflicht, obige Forderung mit Nachdruck auszusprechen. — Ferner folgt aus der Berechtigung der Metallographie als eines selbständigen Gebietes des Wissens, daß es schon heute zweckmäßiger erscheint, Probleme der Nachbarwissenschaften, soweit sie den Metallzustand betreffen, auf dem Boden der Metallographie anzugreifen, als ausschließlich oder vorwiegend auf dem Boden der betreffenden Nachbarwissenschaft.

In der Praxis hat die Metallographie ihren Siegeszug bereits angetreten. In der Theorie versucht sie ihre ersten Schritte, aber ihre bisherige geschlossene Entwicklung läßt erhoffen und erwarten, daß sie auch als Wissensgebiet die Nachbarzweige der Wissenschaft befruchten wird, wie sie bereits die Praxis hat befruchten können.

Zum Schluß seien einige kürzere Werke angegeben, aus denen man sich mit den Grundlagen der Metallographie vertraut machen kann.

Desch. Metallographie.

Eine ausgezeichnete Darstellung des gesamten Gebietes durch einen Fachmann, der sowohl die Theorie wie die Praxis kennt.

Tammann. Lehrbuch der Metallographie, 1914. Verlag von Leopold Voss.

Eine abschließende Darstellung der Legierungen, eine systematische Darstellung seiner Theorie des Kalt-

recken. Überall vor allen Dingen die leitenden theoretischen Gesichtspunkte hervorgehoben.

Ruer. Metallographie.

Elementare und sehr klar geschriebene Darstellung der Metallographie der Legierungen.

Ruer und *Goerens.* Handbuch der Arbeitsmethoden der anorganischen Chemie. III 1, S. 294.

Anleitung zum experimentellen metallographischen Arbeiten.

Fraenkel. Die Verfestigung der Metalle durch mechanische Beanspruchung. 1920. Verlag von J. Springer.

Kritische Zusammenstellung der Theorien der Kaltreckung.

Sternphotometrie mit Photozelle und Verstärkerröhre.

Von H. Rosenberg, Tübingen (Sternwarte Oesterberg).

(Schluß.)

III.

Die letztere Methode[1]) ist die auf jeden Fall empfehlenswertere. Ganz abgesehen davon, daß auch die erste Methode zur Aufstellung der Intensitätskurve einer Reihe photometrisch genau festgelegter Intensitätsmarken bedarf, in dieser Hinsicht also kaum eine Vereinfachung gegenüber der zweiten Methode bedeutet, und daß die Intensitätskurve selbst mindestens für jeden Beobachtungsabend, ja vielleicht innerhalb eines Beobachtungsabends nach jeder größeren Pause neu ermittelt werden muß, was eine Komplikation gegenüber der zweiten Methode bedeutet, bietet letztere den Vorteil, wesentlich größere Intensitätsverhältnisse ausmessen zu können, als dies durch direkte Strommessung möglich ist; denn die obere Grenze wird hier nicht mehr durch die Größe des Anodenstromes, sondern lediglich durch die photometrischen Abschwächungsmöglichkeiten bedingt. Dann würde aber bei Anwendung der ersten Methode noch eine andere Erscheinung, auf die wir bisher nicht näher eingegangen sind, störend auftreten: *eine gewisse Trägheit der Verstärkerröhren bei größeren Veränderungen im Heiz- oder Gitterkreis.*

Nach dem Einschalten des Heizstromes muß man stets eine lange Zeit, oft bis zu mehreren Stunden, vergehen lassen, bis der Anodenstrom einen konstanten Wert angenommen hat und man mit dem Messen beginnen kann; aber auch bei jeder größeren Helligkeitsänderung dauert es eine gewisse Zeit, bis das Galvanometer „einsteht". Schon aus diesem Grunde ist die zweite Messungsmethode, die stets mit nahezu gleichen Photoströmen arbeitet, der ersten überlegen.

Über die Ursachen dieser Trägheit wurden eine Reihe verschiedener Versuche angestellt.

Es ist eigentlich auffallend, daß sich der Anodenstrom für eine jede Intensität überhaupt auf einen bestimmten konstanten Wert einstellt und nicht allmählich immer kleiner wird. Das Gitter nimmt demnach unter dem Einfluß des Photostromes sehr schnell ein bestimmtes, definiertes Potential gegen den Heizdraht an und lädt sich nicht allmählich immer weiter negativ auf, wie es etwa die gut isolierte Saite eines Elektrometers in diesem Falle tun würde. Es verhält sich vielmehr so, als ob ein großer Widerstand als Nebenschluß gegen den Heizdraht vorhanden, als ob *die Isolation des Gitters gegen den Heizdraht unvollkommen sei.*

Um die Isolation des Gitters zu prüfen, wurde ein Braunsches Elektrometer mit einer geriebenen Ebonitstange bis über 1500 Volt aufgeladen und mit der Gitterelektrode der Verstärkerröhre in Berührung gebracht, während die beiden anderen Elektroden der Röhre mit dem geerdeten Gehäuse des Elektrometers verbunden waren. Die Zeiten, in denen sich das Elektrometer um je 100 Volt bis herab auf 500 Volt entlud, wurden gemessen. Zwei derartige Reihen, aus denen die hohe Isolation des Gitters hervorgeht, seien in folgendem mitgeteilt.

Tabelle 10.

Ladung Volt	Entladezeiten			
	Min.	Sek.	Min.	Sek.
1500		0		0
1400		20		22
1300		49		50
1200	1	25	1	30
1100	2	13	2	19
1000	3	7	3	14
900	4	18	4	26
800	5	55	6	1
700	7	37	7	31
600	9	51	9	45
500	13	19	12	29

Ganz anders stellen sich die Verhältnisse, wenn man den Versuch *bei geheizter Glühkathode* wiederholt. Schaltet man den Heizstrom ein, während das Gitter bereits mit dem aufgeladenen Elektrometer verbunden ist, so entlädt sich dieses in den ersten 30—40 Sek. kaum schneller als bei ungeheiztem Glühdraht; dann aber werden die Entladezeiten immer kürzer, die „Isolation" des Gitters wird sichtlich schlechter. Nach einigen Minuten ist eine Aufladung des Elektrometers auf hohe Potentiale bei angeschlossenem Gitter überhaupt nicht mehr möglich; das aufgeladene und isolierte Elektrometer entlädt sich bei Berührung mit der Gitterelektrode momentan.

Schaltet man jetzt den Heizstrom aus, so bleibt

[1]) Zwei Möglichkeiten (zur Erreichung höchster photometrischer Meßgenauigkeit) bieten sich: Die erste besteht in der *empirischen* Darstellung der verstärkten Photoströme als Funktion der Intensität — ähnlich der Aufstellung der Schwärzungskurve photographischer Platten — und interpolatorischer Bestimmung von Intensitätsverhältnissen mit Hilfe dieser Kurve; der zweite Weg besteht in der bereits früher in anderem Zusammenhang vorgeschlagenen Methode, den ganzen photoelektrischen Apparat nur als *„Nullinstrument"* zu benutzen und die eigentliche Helligkeitsmessung, die „Einstellung auf Gleichheit", nach einer beliebigen, photometrisch einwandfreien Abschwächungsmethode zu bewirken. (Vgl. S. 365.)

die „Isolation“ zunächst noch schlecht, und nur langsam werden die Entladezeiten wieder größer, bis sie etwa nach einer Stunde die Anfangsbeträge wieder erreichen.

Die folgende Tabelle enthält einige derartige Reihen: bei der ersten wurde der Heizstrom in dem Augenblick *eingeschaltet*, als das Elektrometer 1500 Volt anzeigte; die zweite wurde 3^m nach *Ausschaltung* des Heizstromes begonnen, die dritte 18^m und die letzte $1^h\ 20^m$ nach diesem Augenblick.

Tabelle 11.

Ladung Volt	Entladezeiten I		II		III		IV	
	Min.	Sek.	Min.	Sek.	Min.	Sek.	Min.	Sek.
1500		0		0		0		0
1400		20		5		5		25
1300		39		10		12		57
1200		50		15		30	1	38
1100	1	1		27	1	0	2	23
1000	1	8		37	1	35	3	15
900	1	15		50	2	25	4	23
800	1	21	1	10	3	22	5	52
700	1	27	1	29	4	31	7	26
600	1	33	1	59	5	53	9	25
500	1	40	2	47	7	48	12	38

Zur Untersuchung dieser Frage wurden die Ströme im Gitterkreis gemessen; die Schaltung war die gleiche wie zur Aufnahme der Charakteristik, nur wurde in den Gitterkreis noch ein empfindliches Spiegelgalvanometer eingefügt. Die Stromrichtung vom Heizdraht zum Gitter möge mit + (positive Ionen), die Richtung vom Gitter zum Heizdraht mit — (Elektronen) bezeichnet werden. Mit dieser Anordnung wurden die Gitterströme nach dem Einschalten bzw. Ausschalten des Heizstromes bestimmt. Dem Gitter wurde dabei ein hohes negatives Potential gegen die Mitte des Heizdrahtes erteilt (— 12 Volt), um etwa entstehende positive Ionen mit Sicherheit aufzufangen. Der Heizstrom betrug für diese Versuche 0,550 Amp., die Anodenspannung 60 Volt. Anfang der Zeitzählung ist in beiden Reihen der Moment des Ein- bzw. Ausschaltens des Heizstromes.

Diese Messungen bestätigen das oben gefundene Verhalten der Verstärkerröhren auch für kleine Gitterpotentiale; *die Stromrichtung vom Heizdraht zum Gitter würde der Annahme positiver Ionen nicht widersprechen.*

Dagegen ist bei positivem Gitterpotential der

Tabelle 12a.

Zeit Min.	Zeit Sek.	Gitterstrom Amp.	Zeit Min.	Zeit Sek.	Gitterstrom Amp.	Zeit Min.	Zeit Sek.	Gitterstrom Amp.
0	0	$+ 0{,}0 \cdot 10^{-10}$	7	0	$+ 13{,}9 \cdot 10^{-10}$	16	0	$+ 25{,}9 \cdot 10^{-10}$
0	15	+ 0,2 „	8	0	+ 15,9 „	17	0	+ 26,7 „
0	45	+ 0,3 „	9	0	+ 17,6 „	18	0	+ 27,4 „
1	0	+ 0,5 „	10	0	+ 19,4 „	19	0	+ 27,9 „
2	0	+ 2,1 „	11	0	+ 20,8 „	20	0	+ 28,3 „
3	0	+ 4,5 „	12	0	+ 22,3 „	25	0	+ 30,7 „
4	0	+ 7,0 „	13	0	+ 23,4 „	50	0	+ 38,3 „
5	0	+ 9,4 „	14	0	+ 24,3 „	105	0	+ 38,6 „
6	0	+ 11,7 „	15	0	+ 25,3 „	135	0	+ 38,6 „

Tabelle 12b.

Zeit Min.	Zeit Sek.	Gitterstrom Amp.
0	0	$+ 38{,}6 \cdot 10^{-10}$
0	6	+ 24,0 „
0	14	+ 16,0 „
0	28	+ 8,0 „
0	45	+ 4,0 „
0	51	+ 3,2 „
1	11	+ 1,6 „
1	40	+ 0,8 „
2	40	+ 0,3 „
5	0	+ 0,2 „

Bei der letzten Reihe ist ungefähr die alte Isolation wieder vorhanden. Wenn es sich nicht um eine durch die Erwärmung hervorgerufene größere Leitfähigkeit des Isolationsmaterials handelt — eine äußere Erwärmung der Röhre mittels eines Bunsenbrenners lieferte allerdings ein negatives Resultat —, so ist an die Möglichkeit zu denken, daß der Heizdraht neben den Elektronen auch positive Ionen[1]) erzeugt, die an das Gitter gelangen und den Eindruck einer mangelhaften Isolation des Gitters hervorrufen.

In diesem Falle fließt auch im Gitterkreis ein Strom, und zwar *in der Richtung vom Heizdraht zum Gitter*, während die an das Gitter gelangenden Elektronen oder Thermionen einen Strom in der umgekehrten Richtung erzeugen.

[1]) *J. Stark*, Jahrb. f. Rad. u. Elektr. *15*, 355, 1918. *H. Baerwald*, Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. *21*, 474, 1919.

erheblich stärkere „negative Gitterstrom“ (Größenordnung 10^{-5} Amp.) bereits wenige Sekunden nach Einschaltung des Heizstromes in vollem Umfang vorhanden und verschwindet nach Ausschaltung desselben sofort wieder. *Die Trägheit der Verstärkerröhren wird demnach nur durch den positiven Gitterstrom verursacht.*

Es schien von Interesse, das Verhalten der Gitterströme auch bei Variation des Gitterpotentials, der Anodenspannung und des Heizstromes weiter zu verfolgen. Aus diesem Grunde wurden die Gitterströme bei einem Heizstrom von 0,550 Amp. bzw. 0,450 Amp. in ihrer Abhängigkeit von Anodenspannung und Gitterpotential gemessen. Die Gitterspannung ist wieder auf die Mitte des Heizdrahtes bezogen.

Ein Zusammenhang dieser „Gitterströme“ mit der Verstärkung ist unverkennbar. Die

Tabelle 13.
Heizstrom 0,550 Amp.

Gitterspannung Volt	Anodenspannung 20 Volt	30 Volt	40 Volt	50 Volt	60 Volt	70 Volt	80 Volt
−12	+ 29,1	+ 29,9	+ 30,3	+ 31,1	+ 31,1	+ 31,3	+ 31,9 · 1,6 · 10^{-10}
−11	+ 26,0	+ 26,6	+ 27,1	+ 27,7	+ 27,7	+ 28,0	+ 28,3 „ „
−10	+ 23,1	+ 23,8	+ 24,2	+ 24,4	+ 24,2	+ 24,8	+ 24,9 „ „
− 9	+ 20,1	+ 20,7	+ 20,9	+ 21,0	+ 21,1	+ 21,4	+ 21,5 „ „
− 8	+ 17,0	+ 17,6	+ 17,7	+ 17,7	+ 17,8	+ 18,1	+ 18,2 „ „
− 7	+ 14,1	+ 14,4	+ 14,6	+ 14,8	+ 14,7	+ 15,0	+ 15,8 „ „
− 6	+ 11,3	+ 11,5	+ 11,3	+ 11,3	+ 11,8	+ 12,4	+ 13,8 „ „
− 5	+ 8,5	+ 8,5	+ 8,2	+ 8,6	+ 9,0	+ 10,8	+ 14,1 „ „
− 4	+ 5,3	+ 5,2	+ 5,3	+ 5,8	+ 7,3	+ 11,4	+ 19,1 „ „
− 3	+ 0,4	+ 0,8	+ 1,8	+ 3,3	+ 7,9	+ 16,9	+ 30,8 „ „
− 2	− 100,0	− 91,2	− 63,0	− 43,8	− 25,8	− 3,0	+ 24,1 „ „
− 1	− 4720	− 4300	− 3380	− 2810	− 2410	− 1800	− 1600 „ „
0	− 46600	− 46800	− 41300	− 37900	− 35800	− 34000	− 30100 „ „
+ 1	− 145	− 145	− 145	− 143	− 142	− 141	− 140 „ 10^{-7}
+ 2	− 264	− 285	− 287	− 293	− 298	− 299	− 301 „ „
+ 3	− 421	− 423	− 424	− 434	− 441	− 448	− 452 „ „
+ 4	− 568	− 568	− 569	− 571	− 580	− 583	− 593 „ „

Tabelle 14.
Heizstrom 0,450 Amp.

Gitterspannung Volt	Anodenspannung 20 Volt	30 Volt	40 Volt	50 Volt	60 Volt	70 Volt	80 Volt
−10	+ 2,3	+ 2,3	+ 2,2	+ 2,3	+ 2,7	+ 2,6	+ 2,7 · 1,6 · 10^{-10}
− 9	+ 2,1	+ 2,1	+ 2,1	+ 2,1	+ 2,2	+ 2,2	+ 2,3 „ „
− 8	+ 1,9	+ 1,9	+ 1,8	+ 1,9	+ 2,0	+ 1,9	+ 2,0 „ „
− 7	+ 1,4	+ 1,5	+ 1,4	+ 1,5	+ 1,6	+ 1,6	+ 1,9 „ „
− 6	+ 1,2	+ 1,2	+ 1,2	+ 1,2	+ 1,2	+ 1,2	+ 1,6 „ „
− 5	+ 0,9	+ 0,9	+ 0,9	+ 0,9	+ 1,0	+ 1,0	+ 1,9 „ „
− 4	+ 0,7	+ 0,7	+ 0,7	+ 0,8	+ 0,9	+ 1,9	+ 3,0 „ „
− 3	+ 0,1	+ 0,2	+ 0,3	+ 0,8	+ 1,9	+ 4,2	+ 8,2 „ „
− 2	− 3,5	− 2,8	− 1,8	− 0,1	+ 3,2	+ 7,2	+ 12,0 „ „
− 1	− 398	− 296	− 232	− 203	− 154	− 134	− 120 „ „

Ströme deuten auch hier auf einen Nebenschluß — sei es durch schlechte Isolation, sei es durch positive Ionen — zwischen Gitter und Heizdraht hin, der einen Teil der Gitterspannung ableitet. Die größten Verstärkungen treten in der Nähe derjenigen Punkte auf, an welchen die Gitterströme durch den Nullpunkt hindurchgehen; da bei gleichen Gitterpotentialen die Gitterströme mit dem Heizstrom zusammen abnehmen, so ist damit das Steigen der Verstärkung mit sinkendem Heizstrom erklärt.

Ein besonderer Einfluß scheint dem sekundären Maximum in den positiven Strömen zuzukommen, das zwischen den Gitterpotentialen von −6 und −2 Volt bei Anodenspannungen über 50 Volt auftritt und besonders bei großen Heizströmen deutlich ausgeprägt erscheint. Dieses Maximum ist wahrscheinlich die Ursache, daß die Verstärkung unter sonst gleichen Umständen mit wachsender Anodenspannung nicht andauernd wächst, sondern das in Fig. 1 dargestellte Maximum in der Umgebung von 60 Volt besitzt.

IV.

Aus den hier dargelegten Gründen wurde das schon früher erprobte Verfahren, die Photozelle nur als Nullinstrument zu benutzen, auch für die Methode der lichtelektrischen Messung mit Hilfe der Verstärkerröhren beibehalten.

Zur meßbaren Änderung der auf die Zelle fallenden Intensität dienen zwei große Nikols mit senkrechten Endflächen (*Glan-Thompson*); um die Empfindlichkeit der Photozelle gegen kleine Intensitätsänderungen voll auszunutzen, kommt ein großer Intensitätskreis zur Anwendung, der in Intervalle von 10′ geteilt ist und an zwei diametral gegenüberliegenden Stellen durch Schätzmikroskope abgelesen wird, so daß Winkel mit

einer Genauigkeit von 0',1 gemessen werden können.

Die Nikols mit Teilkreis, Ablese- und Beleuchtungseinrichtung, eine von außen einstellbare Irisblende, ein Kompoundverschluß sowie ein kleines Fernrohr, welches zur Beobachtung der Irisblende bei Einstellung der Sterne dient und während der photoelektrischen Messung aus dem Strahlengang entfernt wird, sind gemeinsam in einen lichtdichten Adapter eingebaut, der direkt an den Refraktor angesetzt wird. Die Nikoldrehung erfolgt mittels biegsamer Welle. Eine Einrichtung, um zwei Blendgläser oder Lichtfilter einzeln oder gemeinsam in schnellem Wechsel in den Strahlengang einzuschalten oder zu entfernen, ist ebenfalls vorhanden. Mit neutralen Blendgläsern versehen stellt diese Vorrichtung eine Erweiterung des Meßbereiches der Nikols dar; mit verschiedenfarbigen Lichtfiltern dient sie in erster Linie zur Bestimmung der Farbenindizes von Sternen.

An diesen Adapter läßt sich mit Bajonettverschluß das Zellenphotometer der Sternwarte ansetzen. Es ist dies das gleiche Instrument, über welches auf der Hamburger Astronomenversammlung (1913) berichtet und welches dort im Bilde vorgezeigt wurde[1]). An dem „Kardanischen Gehänge", durch welches die Zuleitung

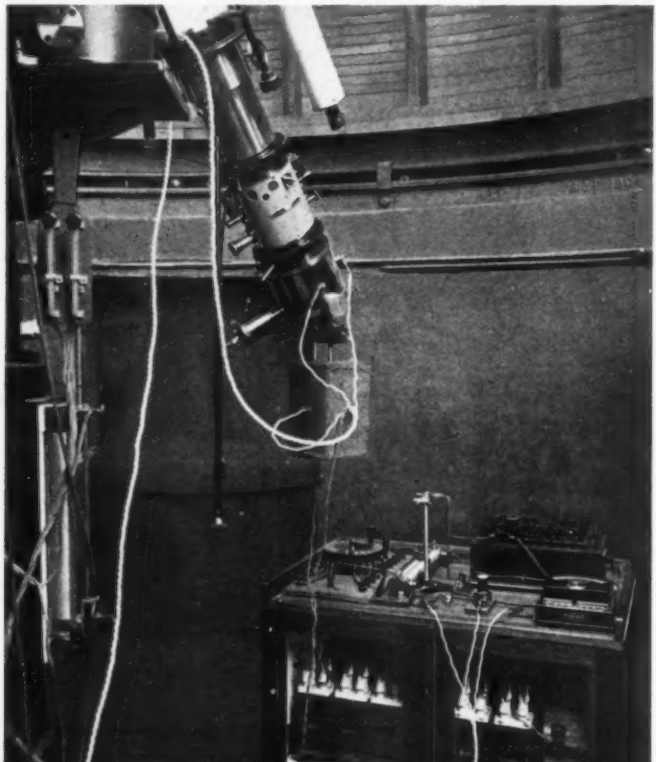

Fig. 6. Photoelektrischer Apparat der Sternwarte Oesterberg.

[1]) Vierteljahrsschrift d. Astr. Ges. 48, 3.

zur Zellenanode hindurchgeführt ist, wird jetzt an Stelle des Saitenelektrometers das Gehäuse der Verstärkerröhre befestigt. (Das Kardanische Gehänge wäre bei dieser Methode nicht erforderlich, da die Verstärkerröhre in jeder Richtung benutzt werden, ihr Gehäuse also starr mit der Zellenkapsel verbunden sein darf.)

Die Zuleitungen zur Kathode der Photozelle sowie zu den Elektroden der Verstärkerröhre erfolgen durch hochisolierte, biegsame Kabelschnüre. Alle Batterien, Widerstände, Schalt- und Meßapparate mit Ausnahme des Galvanometers G_4 (Fig. 1) befinden sich auf einem beweglichen Schalttisch, der bequem zur Hand des Beobachters gestellt werden kann. Von hier aus erfolgt die Zuleitung zu dem fest aufgestellten Spiegelgalvanometer, das entweder subjektiv mittels eines Ablesefernrohres oder objektiv durch Abbildung des Fadens einer Nernstlampe auf einer Skala abgelesen wird. Dient das Instrument ausschließlich als Nullinstrument, so kann die Skala durch eine einfache Strichmarke auf der Wand des Beobachtungsraumes ersetzt werden. Bei einer Empfindlichkeit des Galvanometers von der Größenordnung 10^{-10} Amp. pro Millimeter reicht die objektive Ablesung auch für die empfindlichsten photoelektrischen Messungen aus.

Eine Abbildung der ganzen Apparatur (mit Ausnahme des Galvanometers) gibt Fig. 6.

Das Arbeiten nach dieser Methode stellt sich äußerst einfach.

Einige Zeit vor Beginn der Messungen wird der Heizstrom eingeschaltet und die den Beobachtungszwecken angepaßte Verstärkung durch Abgleichen der Widerstände W_2 einreguliert. Die Nikols werden zunächst auf etwa 20°—30° eingestellt und der Anodenstrom für ein Objekt mittlerer Helligkeit mit Hilfe des Spannungsteilers S_3 (Fig. 1) kompensiert[1]), so daß in der Brücke kein Strom fließt. Nachdem sich der Heizdraht eingebrannt und der Anodenstrom konstant eingestellt hat, wird — falls erforderlich — die Kompensation verbessert, und das Photometer ist verwendungsbereit. Wird jetzt ein Stern größerer oder geringerer Helligkeit eingestellt, so äußert sich der Intensitätsunterschied in einem Ausschlag des Galvanometers nach der einen oder anderen Seite, die durch entsprechende Nikoldrehung korrigiert wird. Aus den zugehörigen Drehungswinkeln folgt in bekannter Weise das Intensitätsverhältnis der gemessenen Objekte.

Die photometrische Genauigkeit der Methode wurde durch eine große Zahl von Messungen im Laboratorium eingehend geprüft. Als Lichtquelle für diese Untersuchungen diente die bereits erwähnte kleine Glühlampe, als Prüfobjekt die Absorption von Blendgläsern, die abwechselnd in den Strahlengang eingeschaltet und entfernt wurden. Um die Prüfung über verschiedene Intensitäten auszudehnen, wurde der Anodenstrom bei unveränderter Lampenhelligkeit für verschiedene Nikolstellungen kompensiert. Da die Qualität des Lichtes der Glühlampe durch die Nikoldrehung nicht verändert wird, so muß bei unverändertem Lampenstrom der gefundene Absorptionskoeffizient eines Blendglases für alle Intensitäten übereinstimmen.

Das Ergebnis ist ein äußerst befriedigendes. Die innere Meßgenauigkeit ist bei Verwendung der Verstärkerröhre mindestens die gleiche wie bei den elektrometrischen Auflademethoden. Der m. F. einer Messung beträgt nur wenige Tausendstel einer Größenklasse und nimmt mit wachsender Helligkeit noch ab: denn die Photozelle mißt nicht Intensitätsverhältnisse, sondern Intensitätsdifferenzen. *Im Resultat ist ein systematischer Gang mit der Helligkeit in keinem Falle zu erkennen.*

Als ein Beispiel für viele möge hier eine derartige Reihe Platz finden. Die Nikolstellungen wurden mit einer von Herrn *Guthnick*[1]) berechneten Tafel in astronomische Größenklassen umgesetzt.

Tabelle 15.

Ohne Bl.	Mit Bl.	Ohne Bl. mg	Mit Bl. mg	Absorption mg
40° 32′	59° 27′	4,363	4,977	0,614
33	26	364	974	610
35	29	365	975	610
35	30	365	975	610
33	26	364	974	610
				0,611
30° 49′	42° 50′	3,846	4,460	0,614
53	56	851	464	613
31° 7′	43° 8′	865	472	607
2	6	860	471	611
0	5	858	470	612
				0,611
7° 25′	9° 49′	0,853	1,457	0,604
23	49	843	457	614
21	45	833	442	609
26	51	857	464	607
24	48	848	453	605
				0,608

Da das Spiegelgalvanometer zurzeit noch für die methodischen Untersuchungen im Laboratorium benötigt wird, konnten exakte Helligkeitsmessungen am Fernrohr bisher nicht ausgeführt werden; doch wurden einige orientierende Beobachtungen an Sternen mit Hilfe eines Siemensschen *Zeigergalvanometers* (Empfindlichkeit ca. 3×10^{-7} Amp. pro Skalenteil) angestellt, welche die große Empfindlichkeit der Methode hinlänglich dartun.

[1]) Bis annähernde Kompensation erreicht ist, empfiehlt es sich, das Galvanometer zu shunten.

[1]) Beobachtungsergebnisse der Kgl. Sternwarte zu Berlin, Nr. 14, 1910.

14. 4. 20. Bei einer Verstärkung von etwa 100 000 wurde Jupiter eingestellt und die Galvanometerausschläge für eine Reihe verschiedener Nikolstellungen zur Aufnahme der Intensitätskurve gemessen.

Tabelle 16.

Nikolstellung	Intensität mg	Verstärkt. Photostrom Amp.
90°	5,30	$48{,}6 \cdot 10^{-7}$
75°	5,22	47,1 „
60°	4,99	39,3 „
50°	4,72	32,7 „
45°	4,55	27,9 „
40°	4,34	23,7 „
35°	4,09	19,5 „
30°	3,79	15,0 „
25°	3,48	11,1 „
20°	2,97	6,9 „
15°	2,36	3,9 „
10°	1,50	2,1 „
5°	0,00	0,6 „

Stellt man die verstärkten Photoströme auf Logarithmenpapier als Funktion der Intensitäten (in Größenklassen) dar, so ergibt sich fast streng eine gerade Linie. Da Jupiter nur wenig heller als ein Stern -1^{mg} war, so erzeugte bei dieser durchaus nicht etwa größtmöglichen Verstärkung ein Stern schwächer als 4^{mg} einen verstärkten Photostrom, der noch bequem mit einem *Zeigerinstrument* nachzuweisen war.

Ferner wurden bei etwas größerer Verstärkung und bei Nikolstellung 90° die folgenden Sterne gemessen:

β		$66{,}0 \cdot 10^{-7}$
β		9,6 „
α	Leonis	8,7 „
γ	„	3.3 „

Setzen wir für α Leonis nach der Harvard Revised Photometry die Helligkeit zu $1{,}34^{m}$ an, so ergibt sich damit

		mg	mg
β		— 1,05	(0,06)
β		1,24	(0,05)
α	Leonis	1,34	(0,06)
γ	„	2,50	(0,03).

Die in Klammern beigefügten Potsdamer Extinktionsgrößen sind bereits berücksichtigt.

Für die ersten drei Gestirne wurden auch Farbenindizes mit Hilfe eines Gelb- und eines gewöhnlichen Blaufilters gemessen.

	Verst. Photostrom		Intensität		Farbenindex
	Gelbfilter	Blaufilter	Gelbfilter mg	Blaufilter mg	mg
β	22,0	$29{,}9 \cdot 10^{-7}$	4,25	4,60	— 0,35
β	5,0	5,9	2,53	2,73	— 0,20
α Leonis...	2,9	5,2	1,89	2,57	— 0,58

Die gelblichere Farbe Saturns gegenüber Jupiter und die viel weißere Tönung von α Leonis (Spektr. B_8) kommen bereits in diesen rohen Messungen deutlich zum Ausdruck.

Der Versuch zeigt, was schon bei mäßiger Verstärkung und Benutzung eines unempfindlichen Zeigergalvanometers die Methode zu leisten imstande ist. Es besteht m. E. kein Zweifel, daß mit einem empfindlichen Spiegelgalvanometer sich die lichtelektrischen Messungen unter Anwendung der Verstärkerröhren auf erheblich lichtschwächere Sterne werden ausdehnen lassen, als dies bisher mit Hilfe des Elektrometers möglich war.

Es ist vielleicht nicht zwecklos, darauf hinzuweisen, daß die Methode natürlich nicht nur auf astrophotometrische Messungen beschränkt ist, sondern sie läßt sich für jede Laboratoriumsmessung des Physikers oder Technikers anwenden, bei der präziseste objektive Helligkeitsmessungen gefordert werden.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden ausgeführt mit Hilfe namhafter Unterstützungen seitens der *Preuß. Akad. d. Wiss.* aus Mitteln der Dr.-Karl-Güttler-Stiftung und seitens der *Württbg. Ges. z. Förd. der Wissenschaften.* Es ist mir eine angenehme Pflicht, den Stiftern auch an dieser Stelle meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Besprechungen.

Küster, Ernst, Lehrbuch der Botanik für Mediziner. Leipzig, T. C. W. Vogel, 1920. VIII, 420 und 280 Abbildungen im Text. Preis geh. M. 85,—; geb. M. 100,—.

Bei den gegenwärtigen Diskussionen über die naturwissenschaftliche Ausbildung der Mediziner, ist von extremer Seite leider vielfach die Frage aufgeworfen worden, ob der Mediziner überhaupt des Unterrichts in Botanik und Zoologie bedürfe. Alle Einsichtigen werden die Frage natürlich bejahen müssen, bilden doch gerade diese beiden Disziplinen, ebenso wie Chemie und Physik, die Grundlagen, auf denen sich die Medizin aufbaut. Andere steht es schon mit der Frage, *wie* die Botanik gelehrt werden soll und *wieviel* der Mediziner davon erlernen soll. Jeder Freund der Naturwissenschaften wird nur wünschen können, daß es um so besser ist, je mehr man lernt, und mancher Mediziner, der mit Interesse der Botanik sich gewidmet hatte, hat den Nutzen davon später auf Schritt und Tritt gespürt. Darüber ist gar kein Zweifel. Es gibt aber noch einen anderen Standpunkt, der mehr der praktischen Ausbildung des Mediziners angepaßt ist und von diesem Gesichtspunkte auch seine Berechtigung hat: Das ist die Fülle der botanischen Wissenschaft, die der Mediziner bisher in den Vorlesungen über allgemeine und spezielle Botanik in sich aufnehmen sollte, auf ein bescheideneres Maß zurückzudrängen, da das Medizinstudium außer der Botanik und Zoologie noch unendlich vieles andere verlangt. Dieser Forderung kann Rechnung getragen werden, wenn von dem Fachvertreter der *Botanik*, denn nur dieser kann das beurteilen, das Wesentliche seines Lehrgebietes herausgehoben und für den praktischen Medizinerberuf zurechtgeschnitten wird. Nichts muß sich dann besser zur Einführung in Anatomie, Histologie und Pathologie des Menschen eignen, als gerade das Studium der Pflanzen, die in ihrem einfachen Aufbau, den über-

sichtlichen physiologischen und pathologischen Verhältnissen sprechende Beispiele für den inneren Zusammenhang und den Aufbau organischer Wesen liefern. Ebenso kann die Pflanzenchemie das Verständnis für die komplizierten Vorgänge im menschlichen Körper nur fördern. Und was der Mediziner mit Recht für seine praktische Betätigung braucht, das ist die Kenntnis der Materia medica, die dem Pflanzenschatz entstammt. Dies Gebiet ist in den Lehrbüchern der Botanik meist — wie auch ganz natürlich — zu kurz behandelt.

So drängte die Zeit allmählich dazu, diesen modernen Gesichtspunkten Rechnung zu tragen.

Das Küstersche Buch hat damit den Anfang gemacht, und wie wir mit großer Genugtuung feststellen können, den richtigen Weg gefunden, um alle Interessen des Mediziners zu befriedigen. Der erste Teil umfaßt die *allgemeine Botanik*: Morphologie, Anatomie, Physiologie, Pflanzenchemie und Pflanzenpathologie, und der zweite Teil die *spezielle Botanik*: Kryptogamen und Phanerogamen.

Ganz entsprechend dem Leitmotiv, eine Botanik für Mediziner zu schreiben und das Lehrbuch auch möglichst kompendiös zu halten, ist sowohl aus der allgemeinen wie speziellen Botanik alles Überflüssige ausgeschaltet worden; dennoch fehlt vom Wesentlichen nichts und das Ganze bietet den Lehrstoff in voller Abrundung. Wie *Küster* ein Meister des Vortrages ist und sein Gebiet in vollendeter Form und mit pädagogischer Klarheit vorzuführen versteht, so ist auch das Buch eine ebenso ausgezeichnete Leistung. Aus jedem Kapitel spricht das Talent, dem Leser auch sprödesten Stoff aufnahmefähig und interessant zu machen. Die Morphologie, Histologie sind im Hinblick auf die medizinischen gleichnamigen Gebiete ausführlich dargestellt, auch die physiologischen Gesetze, die einen Vergleich zwischen Tier- und Pflanzenleben nahelegen, finden sich eingehender behandelt. Die angewandte Botanik tritt bei der Pflanzenchemie, Pflanzenpathologie und vor allen Dingen im systematischen Teil besonders hervor. Hier werden beim Studium auch der Pharmakologe, der Pharmakognost, der Apotheker, der Drogist und jeder Gebildete auf ihre Rechnung kommen, denn jede Pflanze, die als Droge, als Rohstoff, als Giftpflanze oder im Lebensmittelgewerbe, in der Hauswirtschaft oder im täglichen Gebrauch eine Rolle spielt, ist genannt und beschrieben. Es muß dankbar begrüßt werden, daß in diesem Buche eigentlich alles zu finden ist, was der Mediziner auf botanischem Gebiet zu wissen wünscht. Große Sachkenntnis verbunden mit scharfem Blick, nichts beiseite zu lassen, was nötig ist, und dieses so darzustellen, daß es der Mediziner mit Genuß und Freude studieren und lernen kann, haben das Odium, die Botanik sei den Medizinern nur eine „dürre Heide", hinweggenommen. Dabei wird das Geschriebene durch eine überreiche Zahl von wundervollen und charakteristischen Abbildungen aufs beste illustriert, die, zum allergrößten Teil Originale, das Buch beleben und fesselnd gestalten. Es unterliegt keinem Zweifel, daß dasselbe nunmehr *das* Werk sein wird, das der Mediziner zuerst für seine botanischen Studien heranziehen muß, weil es glänzend geschrieben, ausgezeichnet ausgestattet ist und für seine Zwecke besonders bearbeitet wurde. Auch dem Arzt und dem Praktiker, der seine früher erworbenen Kenntnisse auffrischen will, wird es stets ein Vergnügen und frohe Stunden bereiten, darin sich zu vertiefen.

R. O. Neumann, Bonn.

Wille, Johannes, Biologie und Bekämpfung der deutschen Schabe (Phyllodromia germanica L.). Monographien z. angew. Entomologie Nr. 5. Beiheft z. Zeitschr. f. angew. Entomologie. Berlin, P. Parey, 1920. IV, 140 S., 53 Abb. und 2 Tafeln. Preis geh. M. 25,—.

Aus der umfangreichen Arbeit geht mit Deutlichkeit hervor, welche Fülle des biologisch Interessanten die einheimische Schädlingsfauna bietet, und es wäre nur zu wünschen, wenn an den Universitäten recht zahlreiche Dissertationen sich in gleicher Richtung bewegten wie die *Wille*sche Monographie. — Der Verf. gibt in seiner Arbeit zunächst genaue Angaben über die *Züchtung* der Versuchstiere sowie über die mannigfache *Versuchstechnik*. — An der Hand von völlig neuen, sehr anschaulichen Abbildungen wird in einem weiteren Abschnitte die *Morphologie*, welche noch mancherlei Lücken bis dahin zeigte, behandelt. Die Geschlechtsunterschiede bei Larven und Vollkerfen, der Bau der Eikokons und Eier werden eingehend dargestellt. — Der Abschnitt über die *Biologie* ist am umfassendsten. Zur Behandlung kommen: Abstammung und Verbreitung, Lebensgemeinschaften und Wanderungen. Ferner wurde die Frage des Temperatureinflusses genau untersucht und ermittelt, daß das Temperaturoptimum bei + 20° liegt, wobei ein gewisser Feuchtigkeitsgrad der Luft notwendig ist. Die Hauptaktivitätsperiode — festgestellt mit Hilfe des Aktographen nach *Szymanski* in Verbindung mit einem Kymographion — ermittelte Verf. für die Wintermonate zwischen 5—7 abends und 6½ Uhr morgens. Während dieser Zeit wird die Nahrung aufgenommen. Die übrigen Stunden verbringen die Tiere in der Regel in ihren Schlupfwinkeln in Lauer- bzw. Ruhestellung. Behandelt wird fernerhin die Putztätigkeit, der Freßakt, die Lauf-, Sprung-, Flatterbewegungen, die Neigung zum Kannibalismus. Ausführliche Beobachtungen stellte *Wille* über den Begattungsakt an und es glückte ihm, denselben zum ersten Male lückenlos zu beobachten. Das vorangehende Liebesspiel der Tiere wird genau geschildert und ebenso wie die seltsame Kopulationsstellung in sehr anschaulichen Abbildungen dargestellt. Die Vorgänge der Kokonbildung sind genau verfolgt und die jeweils wichtigen Stadien zeitlich festgelegt worden. Alles Dinge, über die bisher höchst ungenaue Angaben vorhanden waren. Welche Einflüsse hohe und niedere Temperaturen ausüben, wird in einem besonderen Kapitel erörtert. Weiterhin finden sich Angaben über die Fähigkeit, Hunger zu ertragen. — Der letzte Abschnitt behandelt die *Bekämpfung*. Verf. untersucht das Verhalten gegenüber Magen- und Atemgiften (z. B. Chlorpikrin und Blausäure). Diese Ausführungen sind insofern besonders wertvoll, als angegeben wird, wieviel (analytisch ermittelte Mengen) der betreffenden Substanzen notwendig sind, um die Tiere zu töten. Auf diese Weise gelingt es, zu sicheren Vorstellungen zu kommen, welche Gifte überhaupt zu einer Bekämpfung geeignet sind. Dies ist um so wesentlicher, da bisher derartige Feststellungen noch nicht gemacht wurden. — Ein umfangreiches Schriftenverzeichnis ist der wertvollen Arbeit beigegeben, über die wir hier nur einen orientierenden Überblick geben können.

Albrecht Hase, Berlin-Dahlem.

Stellwaag, F., Die Schmarotzerwespen (Schlupfwespen) als Parasiten. Monographien zur angewandten Entomologie Nr. 6 — Beiheft zur Zeitschrift für angewandte Entomologie. Berlin, P. Parey, 1921. 100 S. und 37 Abb. Preis M. 24,—.

Eingangs betont Verf. völlig mit Recht, welche großen Lücken die Bearbeitung der Schmarotzerwes-

pen, von einem einheitlichen Standpunkte aus betrachtet, noch aufweist. So umfangreich die Literatur über Einzelbeobachtungen ist — ein ausführliches Schriftenverzeichnis findet sich am Schlusse der Arbeit —, so sehr fehlt es an einer zusammenfassenden Darstellung der Lebenseigentümlichkeiten, welche die parasitäre Natur dieser Formen kennzeichnen. In vieler Hinsicht füllt die Stellwaagsche Arbeit die bestehende Lücke aus. Das erste Kapitel ist mehr einführender Natur und handelt über den weiblichen Geschlechtsapparat, über die Eiablage und die verschiedenen Arten der Fortpflanzung, die Infektionsformen, die Wirtefrage sowie über monophage und polyphage Arten. Das zweite Kapitel bewegt sich in entwicklungsgeschichtlicher Richtung, und die höchst seltsamen Erscheinungen der verschiedenen Larvenformen (Cyclopoid-, Planidiumlarven), seßhafte und wandernde Larven, Mono- und Polyembryonie kommen zur Besprechung. Die Beziehungen der Schmarotzerwespen zur unbelebten (Klima usw.) und zur belebten Umwelt (Hypo- und Superparasitismus) behandelt das nächste Kapitel. Mehr allgemeine Erörterungen bringt das vierte Kapitel. Verf. weist eindringlich darauf hin, wie viel der landläufige Ausdruck „biologisches Gleichgewicht" nur als leerer Begriff gebraucht wird, auf wie unsicheren Füßen unsere diesbezüglichen Anschauungen stehen, und wie oft Einzelfälle unberechtigt verallgemeinert werden. Die Rolle, welche die Schmarotzerwespen bei der Übervermehrung ihrer Wirte spielen, bedarf, wie *Stellwaag* an Beispielen zeigt, noch umfassender Klärung. Bei dieser Gelegenheit stellt Verf. den Begriff der *Acrescenz* bzw. *Gradation* auf und will, daß unter letzterer Bezeichnung „die Gesamtheit der Erscheinungen vom Beginn einer Individuenzunahme über den Höhepunkt der Übervermehrung bis zum Abklingen verstanden wird. Den Inhalt des Begriffes sollen alle Ursachen und Bedingungen für das Massenauftreten überhaupt und für die Erscheinungsformen im besonderen bilden." (S. 75.) Reich an neuartigen Gedanken sind die Abschnitte desselben Kapitels, welches sich mit dem epidemiologischen Verhalten der Wirte beschäftigt. Zugleich übt Verf. Kritik an der bisherigen Arbeitsmethode der Phytopathologie. (S. 76.) Das Schlußkapitel bilden tabellarische Übersichten von verschiedenen Gesichtspunkten aus aufgestellt, um die Mannigfaltigkeit und Kompliziertheit dieses Arbeitsgebietes zu veranschaulichen. Z. B. stellt Verf. zusammen die Schlupfwespen, deren Wirte im Wasser wohnen, pflanzenbewohnende Chalciden, die verschiedenen Schmarotzer verschiedenen Grades der Olivenmotte, des Traubenwicklers, der Obstmade usw. — Wer in die Probleme der Schädlingsbekämpfung, besonders nach biologischen Gesichtspunkten, eindringen will, wird sich mit dem Stellwaagschen Buch auseinandersetzen müssen, gleich, ob er dem Verfasser in allen Punkten beipflichtet oder nicht.

Albrecht Hase, Berlin-Dahlem.

Wilhelmi, J., Die Kriebelmückenplage. Übersicht über die Simuliidenkunde, bes. in praktischer Hinsicht. Im Auftrage des Ministeriums für Landwirtschaft, Domänen und Forsten in Berlin bearbeitet. Mit Bericht über die am 10. Februar 1920 im gen. Ministerium erfolgte Beratung zur Bekämpfung der Kriebelmückenplage. Gustav Fischer, Jena, 1920. 246 S. und 23 Fig. im Text. Preis M. 13,—.

Seit 1½ Jahrhunderten beschäftigt die Kriebelmückenplage die landwirtschaftlichen Kreise aller Länder, ohne daß es bisher gelungen ist, eine befriedigende Lösung der Frage zu erzielen. Die Kriebelmücken, die in etwa 150 Arten des einen Genus Simulium Latr. über die ganze Erde verbreitet sind — selbst die Polargebiete sind davon nicht ausgenommen — richten unter dem Vieh, in erster Linie unter den Rindern, Pferden, Eseln, jährlich großen Schaden an; auch liegen zahlreiche Angaben vor, nach denen die Mücken, auch die bei uns heimischen Arten, an Menschen Blut saugen. Eine genaue Statistik des Schadens ist bisher noch nicht aufgestellt worden, doch läßt sich eine Bewertung desselben aus den Angaben der letzten drei Dezennien (seit 1889) folgern, wonach in Deutschland für Rinder über 700 Erkrankungen, 40 Notschlachtungen und 354 Todesfälle, für Pferde 22 Erkrankungen und 8 Todesfälle gemeldet worden sind.

Die Literatur über die Kriebelmückenplage umfaßt etwa 400 Arbeiten und beginnt 1758 mit der Artbeschreibung durch *Linné*. *Wilhelmi* hat sie mit großem Fleiß und in übersichtlicher Weise chronologisch zusammengestellt und auch angegeben, wo schwer zugängliche Arbeiten eingesehen werden können. Seine genaue Kenntnis der Literatur setzte ihn in den Stand, die Kriebelmückenplage von allen Seiten zu beleuchten. So erhalten wir Aufschluß über die Systematik und geographische Verbreitung der Simuliiden, über die Morphologie und Anatomie, über die Biologie und die Schadwirkung, und schließlich über Maßnahmen zur Verhütung und Bekämpfung der Kriebelmückenplage. Sein Buch bedeutet für alle, die sich mit dem Gegenstand befassen, ein wertvolles Nachschlagewerk für alle einschlägigen Fragen, das besonders durch die genauen Literaturangaben einen bleibenden Wert erhält.

B. Harms, Berlin.

Schmid, Bastian, Von den Aufgaben der Tierpsychologie. Abhandl. z. theor. Biologie, herausgegeb. v. *J. Schaxel*. H. 8. Berlin, Gebr. Borntraeger, 1921. IV, 43 S. und 11 Abb. Preis geh. M. 12,—.

In der von *Schaxel* herausgegebenen Sammlung von „Abhandlungen zur theoretischen Biologie", die uns in der letzten Zeit schon eine Anzahl wertvoller Arbeiten gebracht hat, haben jetzt auch die Aufgaben der Tierpsychologie durch *Bastian Schmid* eine gute Darstellung gefunden. Gerade auf dem Gebiete der Tierpsychologie, auf dem sich auf der einen Seite immer noch anthropomorphisierende Auslegungen breitmachen und auf der anderen Seite mechanistische Vorstellungen, welche die Realität des Psychischen innerhalb der Tierwelt überhaupt ablehnen, tut uns eine grundlegende Bearbeitung der Begriffe dieses Gebietes und eine Klarlegung der eigentlichen Aufgaben der Tierpsychologie außerordentlich not. Daher ist die vorliegende Schrift sehr zu begrüßen. Der Verfasser steht in einem gewissen Gegensatz zu den mechanistischen Deutungsversuchen. Er bedauert, daß man es verlernt habe, das Tier als eine organische Einheit zu sehen, die sich aus Organisation, Lebensweise und psychischer Veranlagung zusammensetzt. Die Tierpsychologie bedient sich zweier Hauptmethoden, der Beobachtung und des Experimentes. Wahre Kenntnisse über die Psyche kann uns nur Selbstbeobachtung liefern. Fremde Bewußtseinsvorgänge, Empfindungen usw. können wir nur auf Grund von Analogieschlüssen annehmen, auf Grund von sprachlichen Äußerungen, Handlungen und sonstigen Ausdrucksformen. Da die Tiere der (menschlichen) Sprache entbehren, müssen wir uns von vorneherein klar sein, daß hier die Analogieschlüsse noch bedeutend unsicherer sind. Auch die experimentelle Methode der Tierpsychologie ist sehr beschränkt, zumal sie von der experimentellen Psycho-

logie des Menschen ausgegangen ist. Sie bedarf unbedingt der Ergänzung durch die Beobachtung. Auch Anatomie und Physiologie bilden wichtige Grundlagen; namentlich bei den wirbellosen Tieren hat uns die sogenannte Reizphysiologie manche Aufschlüsse gegeben. Die psychische Ausdeutung des Beobachteten darf man aber nicht vollständig ablehnen, nur darf man sie nicht voraussetzen.

Die heutige Tierpsychologie bei höheren Tieren ist im allgemeinen etwas einseitig, da sie sich im wesentlichen auf die intellektuellen psychischen Gebilde beschränkt; und doch sind das Instinktive und Triebhafte, das tierische Wollen und andere seelische Dinge mindestens ebenso wesentlich. Auch die Affekte werden wenig berücksichtigt. Daß die Beobachtung von freien oder in Gefangenschaft lebenden Tieren uns noch manche Aufgaben bietet, zeigt der Verfasser an einigen Beispielen, namentlich an dem Verhalten junger Haustiere, die frei von mütterlicher Beeinflussung aufgewachsen sind. Hierher gehören auch die Spiele der Tiere. Ausführlicher wendet sich dann der Verfasser einem bisher wenig berücksichtigten Gebiete zu, den Ausdrucksformen des tierischen Körpers, die uns bei näherer Analyse über das Gefühlsleben, die Gemütszustände und Affekte manchen Aufschluß geben können. Die Aufgaben, die gerade auf diesem Gebiete der Ausdruckserscheinungen des tierischen Körpers vorhanden sind, erläutert der Verfasser an einer größeren Anzahl von Beispielen, teilweise dargestellt auf Abbildungen von Tiermalern, die diese Ausdrucksformen im Bilde festgehalten haben. Auch die photographische und kinematographische Aufnahme von ausdrucksbefähigten Tieren kann uns weiter bringen. Nicht nur die Säugetiere, auch die Vögel besitzen mancherlei Ausdrucksmöglichkeiten. Doch müssen wir sehr kritisch vorgehen, da man gerade auf diesem Gebiete sehr leicht zu einer Übertragung menschlicher Affekte auf die Tiere verleitet wird. Die buchstabierenden und rechnenden Pferde und Hunde finden ihre gebührende „Würdigung". Neben den Ausdrucksmitteln des Körpers finden wir bei den höheren Tieren noch eine weitere Ausdrucksmöglichkeit in der Sprache der Tiere; beide stehen in nahen Beziehungen. Auch sie verdient eine eingehendere Untersuchung. Von der Methode der phonographischen Aufnahme der Sprache verspricht sich der Verfasser sehr viel; am besten in Verbindung mit Kinematographie oder Photographie. Weitere Aufgaben sieht *Schmid* in der Analyse der Instinkte, des Trieblebens und des Lernens der Tiere. Es ist also eine Fülle von Aufgaben vorhanden, die in der kurzen Schrift größtenteils nur berührt werden konnten; doch war es sehr verdienstlich, auf manche bisher weniger beachtete Punkte nachdrücklich hingewiesen zu haben. *A. Pratje, Breslau.*

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Über die Geschwindigkeit der photochemischen Kohlensäurezersetzung in lebenden Zellen. *O. Warburg* (Biochem. Ztschr. *100*, 1919, S. 230—270, ebda. *103*, S. 188—217) rückt mit verfeinerten Methoden und besonders geeignetem Pflanzenmaterial dem Problem der Kohlensäureassimilation zu Leibe. Die zu den Versuchen verwendete einzellige Alge wurde, suspendiert in Knopscher Nährlösung oder, um Vermehrung zu verhindern, in einer nährsalzfreien Lösung von Natriumkarbonat und Natriumbikarbonat verschiedenen Bedingungen ausgesetzt. Das Versuchsobjekt bietet gegenüber den bisher zu Assimilationsversuchen verwendeten Pflanzen die beiden wesentlichen Vorteile, daß es infolge seiner Kleinheit sehr schnell die Temperatur des umgebenden Mediums annimmt und daß die Diffusion der Kohlensäure zu dem der Wand anliegenden Chloroplasten (und wohl auch die Beseitigung von Produkten der Assimilation) in sehr kurzer Zeit erfolgt.

Die Geschwindigkeit der CO_2-Zersetzung wurde unter der Voraussetzung, daß gleich viel Moleküle O_2 aus CO_2 entstehen, aus den Druckänderungen des über der Zellsuspension befindlichen Gasgemisches unter Berücksichtigung der Absorptionskoeffizienten von Sauerstoff und Kohlensäure nach Methoden bestimmt, die durch Umbildung der Haldane-Barcroftschen Methode der Blutgasanalyse entstanden. Als Lichtquelle dienten Metallfadenlampen. Die Differenz des Gaswechsels im Hellen und Dunkeln ergibt die Assimilation.

Bei den Resultaten ist vor allem überraschend, daß für die Beziehung zwischen Kohlensäurezersetzung einerseits und *Kohlensäurekonzentration* oder *Lichtintensität* andererseits keine Optimumkurven gefunden wurden. Trägt man die Geschwindigkeit der CO_2-Zersetzung auf der Ordinate, die Werte der CO_2-Konzentration oder der Beleuchtungsstärke auf der Abszisse ab, so erhält man in beiden Fällen Kurven, die mit zunehmendem Werte der Außenfaktoren erst schnell und fast geradlinig ansteigen, dann allmählich umbiegen und schließlich horizontal verlaufen. Die Assimilationsgröße nähert sich also *allmählich* einem konstanten Wert — nicht plötzlich, wie in früheren Versuchen, die von *Blackman* so gedeutet wurden, daß begrenzende Außenfaktoren das weitere Ansteigen der Assimilation verhinderten. Den Verlauf dieser Assimilationskurven erklärt der Verf. so, daß die Kohlensäure mit einem in der Zelle vorhandenen Stoff (Chlorophyll — *Willstätter*?) in Verbindung tritt, so daß die Menge der zersetzten Kohlensäure auch von der Konzentration dieses Stoffes abhängig sei. Sind alle Moleküle dieses Stoffes mit CO_2 in Verbindung getreten, kann eine weitere Steigerung der CO_2-Konzentration einen Anstieg der Assimilation nicht mehr bedingen. Bei der Belichtung soll ein photochemisches Primärprodukt in einer mit der Lichtintensität steigenden Konzentration entstehen und dieses Primärprodukt mit einem zweiten in der Zelle vorhandenen Stoffe reagieren, durch dessen Konzentration schließlich die Größe der Assimilation bestimmt wird.

Wichtige Resultate zeitigten die Versuche mit *intermittierender Beleuchtung*. Bei hoher Intensität der Strahlung zersetzte eine bestimmte Energiemenge mehr CO_2 bei gleicher *Belichtungszeit*, wenn sie intermittierend als wenn sie kontinuierlich auffiel, und zwar bis zu fast 100 % mehr bei einer Wechselzahl von 8000/Minute. Bei niedriger Intensität der Strahlung zersetzte eine bestimmte Energiemenge bei intermittierender und kontinuierlicher Einwirkung gleich viel CO_2. Die Befunde bei hoher Intensität erklärt der Verf. durch die Annahme, daß in den Dunkelperioden zersetzliche Substanz bis zur Herstellung eines Dunkelgleichgewichtes gebildet werde und daß in den Hellperioden die Assimilation gegenüber der kontinuierlichen Beleuchtung, bei welcher der zersetzliche Stoff nicht bis zur Konzentration des Dunkelgleichgewichtes gebildet werde, erhöht sei. Bei der Deutung der bisher referierten Versuche über die Beziehung des Lichtes zur Assimilation ist nach Ansicht des Ref. die Möglichkeit nicht genügend berücksichtigt, daß trotz des kurzen Weges vom Außenmedium bis zum CO_2-reduzierenden Chloroplasten die Versorgung mit Kohlensäure als hemmender Faktor in Frage kommt.

Die CO_2-Zersetzung steigt bei Beginn der Beleuch-

tung mit hoher Intensität, wie sich bei Versuchen mit 1—4 Minuten langen Dunkelperioden zeigte, im Laufe von *einigen Minuten* (*Induktionszeit*) zu konstantem Werte an. Bei geringer Intensität ist sie von Anfang an konstant.

Ein Einfluß des *Sauerstoffdruckes* war nur bei hohen Lichtintensitäten festzustellen, und zwar nahm die CO_2-Zersetzung bei von $^1/_{50}$—1 at zunehmendem Sauerstoffdruck erst schnell, dann immer langsamer ab.

Der *Temperatur*koeffizient ist unabhängig von der Kohlensäurekonzentration. Bei hohen Lichtintensitäten sinkt er zwischen 5° und 32° C von 4,3 auf 1,6. Bei niedrigen Intensitäten nähert er sich dem Werte 1. Die Assimilation ist unter dieser Bedingung also nicht von der Temperatur abhängig.

Narkotika (Urethan-Alkyl-Verbindungen) hemmen die Assimilation um so mehr, je stärker sie absorbierbar sind. Kohlensäurekonzentration und Beleuchtungsintensität sind von geringem Einfluß. Die Atmung wird von den gleichen Substanzen mit zunehmender Konzentration erst beschleunigt, dann gehemmt.

Blausäure hemmt die Assimilation bei hohen Werten der CO_2-Konzentration und Lichtintensität stark, bei niedrigen fast gar nicht. Bei hoher Intensität der Bestrahlung und geringer CO_2-Konzentration ist die Hemmung schwach. Sie steigt mit zunehmendem Blausäuregehalt bis zu einem konstanten Wert, und zwar bis zu dem Punkt, an dem Gleichgewicht zwischen Assimilation und Atmung besteht. Zwischenprodukte der Atmung können also auch bei hohem Blausäuregehalt noch photochemisch reduziert werden, während die Sauerstoffabspaltung aus Kohlensäure gehemmt wird. Der Verf. schließt aus diesen Versuchen, daß die Kohlensäure in der bestrahlten grünen Zelle erst nach einer chemischen Umwandlung reduziert wird und daß die Wirkung der Blausäure nur darin besteht, daß sie diese Umwandlung hemmt.

Auf Grund der referierten experimentellen Befunde stellt der Verf. folgende im Original näher begründete *Theorie der Assimilation* auf: „Der photochemische Primärvorgang, in dem Sauerstoff nicht abgespalten wird, besteht in einer Wirkung auf das Chlorophyllmolekül und führt zur Bildung des photochemischen Primärproduktes. Die Bildungsgeschwindigkeit derselben ist der in der Zeiteinheit absorbierten Strahlung proportional. Die Konzentration des photochemischen Primärproduktes ist durch die Geschwindigkeit der Bildung und des Verbrauchs bestimmt.

Das photochemische Primärprodukt reagiert in Sekundärreaktion mit dem Acceptor.

Acceptor ist nicht die Kohlensäure, sondern ein Kohlensäurederivat, das sich in der Zelle" — unter intermittierender Bindung an einen Zellbestandteil — „in einer Kette von chemischen Reaktionen bildet. Zu dem photochemischen Primärvorgang und den Sekundärreaktionen kommt in der Zelle eine dritte Klasse von Reaktionen, die der Acceptorbildung. Die Acceptorbildung ist eine Folge freiwillig verlaufender Reaktionen, die ohne Bestrahlung durch Anhäufung der Endprodukte schnell zum Stillstand kommen. Bei Bestrahlung werden diese Endprodukte — die Acceptoren — in der Sekundärreaktion verbraucht, wobei das Dunkelgleichgewicht gestört wird." Für die Geschwindigkeit der Assimilation ist bei hoher Intensität der Bestrahlung die Acceptorbildung, bei niedriger Intensität die Reaktion zwischen Acceptor und photochemischem Primärprodukt maßgebend. *Bachmann.*

Über die Bestimmung des Alters bei Honigbienen. (*Helen L. M. Pixell-Goddrich*, Quart. journ. of microscop. science Bd. *64*, Part 2, S. 191—206, 1920.) In der praktischen Bienenzucht ist es oft von Wert, zu wissen, ob eine bestimmte Biene an Altersschwäche gestorben ist; denn nur im entgegengesetzten Falle kann es einen Sinn haben, nach Krankheitserregern bei ihr zu suchen. Zuverlässige äußere Merkmale zur Bestimmung des Alters gibt es nicht, insonderheit versagt die oft herangezogene Abnützung des Haarkleides völlig. Dagegen ließen sich, zufolge den Angaben der Verf., objektive *Anhaltspunkte aus dem histologischen Studium der Ganglienzellen gewinnen*. So wurden besonders die großen Ganglienzellen mit im Durchmesser 8—12 μ haltenden Kernen aus dem suboesophagalen Teile des Gehirns untersucht. Hier bestehen an Serienschnitten jederzeit leicht festzustellende Altersveränderungen, die sich hauptsächlich in einem zunehmenden Schwunde des Zellplasmas äußern: Je älter die Biene, um so stärker vakuolisiert erscheint das Randplasma ihrer Ganglienzellen, bis zuletzt beispielsweise bei überwinterten Arbeiterinnen, die zum Auffliegen schon nicht mehr die Kraft haben, nur mehr spärliche Plasmareste um den mehr oder weniger nekrotischen Kern wahrzunehmen sind. Offenbar nimmt auch die Anzahl der Ganglienzellen mit zunehmendem Alter etwas ab. Das zur Altersbestimmung ebenfalls wichtige Studium der Drüsen im Kopfe und Halse ist noch nicht ganz abgeschlossen. Ein Paar oesophagaler Drüsen wurde neu entdeckt. Bedeutsam sind z. B. die Pharynxdrüsen: Während der ersten Lebensperiode der Arbeiterin, die ausschließlich im Stocke als Amme sich betätigt, sind sie in voller Funktion, das Zellplasma erscheint hyperchromatisch; während der folgenden Periode der Ausflüge zur Nahrungssuche dagegen erscheinen die Drüsen erschöpft und ihre Zellen sehen geradezu nekrotisch aus. *Otto Kochler, Breslau.*

(Ber. über die ges. Physiol.)

Über die Entdeckung der wirksamen Substanz der Schilddrüse. (*Erik M. P. Widmark*, Svenska Läkartidn. Jg. *17*, Nr. 11, S. 242—246, 1920.) Besprechung der Arbeiten von *E. C. Kendall* (Rochester, Amerika, Klinik: Gebrüder *Mayo;* in Journ. of Biolog. Chem. 1919 veröffentlicht). *Kendall* ist es nach 10-jähriger Arbeit gelungen, aus der Schilddrüse einen stark jodhaltigen, kristallinischen, genau definierbaren Körper: *Thyroxin* zu isolieren. Jodgehalt 65,1 %, Molekulargewicht 585. Nach der Konstitutionsformel handelt es sich um eine Trihydrotrijodoxy-*n*-indolpropionsäure, die auch synthetisch dargestellt werden kann. Die physiologische Wirkung des Thyroxins ist die gleiche wie die des Thyreoidins, nur viel stärker und vor allem konstanter und genau dosierbar. Der Stoffumsatz kann durch Thyroxininjektionen sowohl bei Myxödem wie beim gesunden Menschen bis 30 % erhöht werden. Die Erhöhung geht Hand in Hand mit der Steigerung der injizierten Thyroxinmengen. Das Thyroxin enthält Tryptophan. Da nun der Organismus Tryptophan nicht synthetisieren kann, müßte man nach *Widmark* bei Hyperthyreoidismus versuchen, tryptophanarme Nahrung den Patienten zu geben. In Amerika hat die Firma *E. R. Squibb and Son*, New York (nach Journ. of Americ. Med. assoc. 1919) Thyroxin bereits in Tablettenform in den Handel gebracht.

Ylppö, Charlottenburg.

(Ber. über die ges. Physiol.)

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19